

PAT-NO: JP408161712A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08161712 A  
TITLE: MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC DISC APPARATUS  
PUBN-DATE: June 21, 1996

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
AIHARA, MAKOTO	
MARUYAMA, YOJI	
SHIROISHI, YOSHIHIRO	

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HITACHI LTD N/A	

APPL-NO: JP06298509  
APPL-DATE: December 1, 1994

INT-CL (IPC): G11B005/39 , G11B005/245 , G11B005/60

## ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a recording/reproducing function separating type magnetic head which achieves common integration of a magnetic gap for recording and a magnetic gap for reproduction.

CONSTITUTION: An MR element 19 is retracted from the surface of a magnetic head opposed to a medium and a flux guide 21 is provided between the element and the surface of the magnetic head opposed to the medium to introduce a magnetic flux from a magnetic recording medium to the MR element 19. A part of the flux guide is made thinner to a reproduction head from the surface opposed to the medium to adjust a magnetic reluctance of the flux guide and the tip of the flux guide 21 of a reproduction head is connected to a yoke 22 of a recording head through a gap of a non-magnetic layer 28. This gap layer 28 allows the adjusting of a magnetic path reluctance of the recording head.

COPYRIGHT: (C) 1996, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-161712

(43) 公開日 平成8年(1996)6月21日

(51) Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B	5/39			
	5/245	7303-5D		
	5/60	Z 9197-5D		

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-298509

(22) 出願日 平成6年(1994)12月1日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 相原 誠

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 丸山 洋治

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 城石 芳博

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

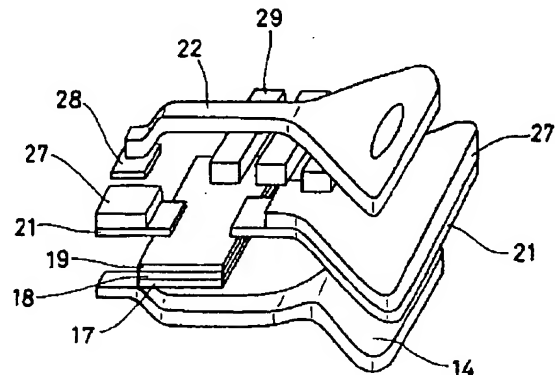
(74) 代理人 弁理士 平木 祐輔

(54) 【発明の名称】 磁気ヘッド及び磁気ディスク装置

(57) 【要約】

【目的】 記録のための磁気ギャップと再生のための磁気ギャップを共用して一つにした記録再生機能分離型磁気ヘッドを提供する。

【構成】 MR素子19を磁気ヘッドの媒体対向面から後退させ、磁気ヘッドの媒体対向面との間にはフラックスガイド21を設けて、磁気記録媒体からの磁束をMR素子19に導く。媒体対向面から再生ヘッドへ至るフラックスガイドの一部を薄くすることでフラックスガイドの磁気抵抗を調節し、再生ヘッドのフラックスガイド21の先端は非磁性体層28のギャップを介して記録ヘッドのヨーク22と接続する構造とし、このギャップ層28によって記録ヘッドの磁路抵抗を調節できる構造とした。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の磁極と、前記第1の磁極と磁氣的に結合されたヨークと、前記ヨークと磁氣的に結合された第2の磁極と、前記第1の磁極、ヨーク及び第2の磁極を含む磁気回路に鎖交するコイルと、磁気抵抗効果素子と、前記第1の磁極と前記磁気抵抗効果素子を磁氣的に結合する磁性膜と、前記磁気抵抗効果素子と前記第2の磁極を磁氣的に結合する磁性膜とを含み、記録時には前記第1の磁極、ヨーク及び第2の磁極を含む磁気回路に大部分の磁束が通り、再生時には前記第1の磁極、磁気抵抗効果素子及び第2の磁極を含む磁気回路に大部分の磁束が通るように各磁気回路の磁気抵抗及び飽和磁束密度を調整したことを特徴とする記録再生機能分離型磁気ヘッド。

【請求項2】 非磁性基板上に形成された第1の磁性膜と、前記第1の磁性膜上に非磁性絶縁膜を介して配置された磁気抵抗効果素子と、前記第1の磁性膜上に絶縁膜を介して形成され磁気記録媒体と対向する面から前記磁気抵抗効果素子の一端に到る第2の磁性膜と、前記磁気抵抗効果素子の他端と前記第1の磁性膜とを磁氣的に接続する第3の磁性膜と、前記第2の磁性膜上に形成された第4の磁性膜と、前記第4の磁性膜上に絶縁膜を介して形成され先端部分が磁気記録媒体と対向する面から所定距離だけ引込み後端が前記第1の磁性膜と磁氣的に結合されたヨークと、前記第1の磁性膜、ヨーク及び第4の磁性膜で形成される磁気回路と鎖交するコイルとを含み、前記第1の磁性膜と第2の磁性膜間の間隙は磁気ギャップを構成し、前記第2及び第3の磁性膜は前記第1及び第4の磁性膜並びに前記ヨークと比較して膜厚が薄く、また前記第4の磁性膜から前記ヨークを経て前記第1の磁性膜に到る磁気抵抗は前記第4の磁性膜から前記第2の磁性膜、磁気抵抗効果素子及び前記第3の磁性膜を経て前記第1の磁性膜に到る磁気抵抗より大きいことを特徴とする記録再生機能分離型磁気ヘッド。

【請求項3】 非磁性基板上に形成された磁気抵抗効果素子と、磁気記録媒体と対向する面と前記磁気抵抗効果素子の一端の間に磁気抵抗効果素子に重ならないように配置された第1の磁性膜と、前記磁気抵抗効果素子側方を通り磁気記録媒体と対向する面と前記磁気抵抗効果素子の他端の間に磁気抵抗効果素子と重ならないように配置された第2の磁性膜と、前記第1の磁性膜と前記磁気抵抗効果素子の一端とを磁氣的に接続する第3の磁性膜と、前記磁気抵抗効果素子の他端と前記第2の磁性膜の間を磁氣的に接続する第4の磁性膜と、前記第1の磁性膜上に絶縁膜を介して形成され先端部分が磁気記録媒体と対向する面から所定距離だけ引込み後端が前記第2の磁性膜と磁氣的に結合されたヨークと、前記第1の磁性膜、ヨーク及び第2の磁性膜で形成される磁気回路と鎖交するコイルとを含み、前記第1の磁性膜と第2の磁性膜間の間隙は磁気ギャップを構成し、前記第3及び第

2

4の磁性膜は前記第1及び第2の磁性膜並びに前記ヨークと比較して膜厚が薄く、また前記第1の磁性膜から前記ヨークを経て前記第2の磁性膜に到る磁気抵抗は前記第1の磁性膜から前記第3の磁性膜、磁気抵抗効果素子及び前記第4の磁性膜を経て前記第2の磁性膜に到る磁気抵抗より大きいことを特徴とする記録再生機能分離型磁気ヘッド。

【請求項4】 磁気ヘッドを担持するスライダの磁気記録媒体に対向する面に1個又は複数個の突起部を備え、前記突起部の1つに磁気ギャップを構成する磁性膜を含むことを特徴とする請求項1、2又は3記載の記録再生機能分離型磁気ヘッド。

【請求項5】 磁気記録媒体と、磁気記録媒体にデータを記録再生する磁気ヘッドと、前記磁気記録媒体上で磁気ヘッドを移動させるアクチュエータとを備えてなる磁気ディスク装置において、磁気ヘッドとして請求項1～4のいずれか1項記載の記録再生機能分離型磁気ヘッドを用いたことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項6】 磁気ヘッドと磁気記録媒体が潤滑膜を介して接して連続的に摺動することを特徴とする請求項5記載の磁気ディスク装置。

【請求項7】 磁気ヘッド磁極先端と磁気記録媒体磁性膜表面の間の距離が10nm以上、50nm以下であることを特徴とする請求項5記載の磁気ディスク装置。

【請求項8】 磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを磁気記録媒体に接触させるための負荷付手段と前記磁気ヘッドに接続される導体を一体に集積したことを特徴とする請求項5、6又は7記載の磁気ディスク装置。

【請求項9】 磁気記録媒体は直径が6.35cm以下であり、磁気ヘッドの有効質量は1.5以上、2.0mg以下であり、前記負荷付手段による付与負荷は50mg以上、500mg以下であることを特徴とする請求項6記載の磁気ディスク装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、磁気ヘッド及びそれを用いた磁気ディスク装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】磁気ディスク装置はコンピュータの外部記憶装置として用いられ、近年その記憶容量の大容量化が急速に求められている。図3は磁気ディスク装置の概略平面図、図4はその断面図である。磁気ディスク装置は、磁性膜を表面に担持して中心軸の回りで回転する磁気記録媒体2、磁気記録媒体に対してデータの記録及び再生を行う磁気ヘッド6、磁気ヘッド6を支持して磁気記録媒体上の所望の半径位置に位置決めする機構、記録信号や再生信号を処理する信号処理回路から主に構成される。

【0003】磁気記録媒体2はスピンドル軸1に固定され、スピンドル軸1によって回転駆動される。磁気ヘッ

ド6はアーム4に支持されたサスペンション5に支持されており、アーム4はロータリーアクチュエータ3に固定されている。磁気ヘッド6はロータリーアクチュエータ3の回転によって磁気記録媒体2上の所望の位置に位置決めされる。信号処理回路は、磁気ヘッド6に記録電流を流してデータを記録したり、磁気ヘッド6より得られる電気信号を処理してデータに変換する処理を行う。データの記録は、記録電流に応じた記録磁界の変化を利用して磁気記録媒体上の磁性膜の磁化方向を反転することにより行われる。また、データの再生は、磁気記録媒体から発生する漏れ磁界を再生ヘッドで検出し、それを電気信号に変換することによって行われる。

【0004】磁気ディスク装置の性能は、主に記録容量、データの入出力速度、信頼性によって決まる。より多くのデータを磁気ディスク装置に保存するためには、磁気記録媒体にデータを高密度に記録する技術、及び高密度に記録されたデータを誤りなく再生する技術が必要である。磁気記録媒体の記録密度を高くすると、記録磁区の大きさが小さくなり再生信号も小さくなるため、高感度な再生ヘッドが必要とされる。そこで記録用磁気ヘッドには誘導型薄膜ヘッドを用い、再生用磁気ヘッドには磁気抵抗効果素子(MR素子)を用いる記録再生機能分離型磁気ヘッドが利用されるようになっている。なお、本明細書では、巨大磁気抵抗効果等も含め磁気抵抗効果を利用して磁界強度を検出する素子を全て磁気抵抗効果素子(MR素子)という。

【0005】再生ヘッドの感度を向上する他の手段としては、磁気ヘッドと磁気記録媒体との距離(スペーシング)を狭小化する方法が挙げられる。磁気ヘッドと磁気記録媒体のスペーシングを狭くすると、磁気記録媒体表面での漏れ磁界の微小変化を検知できるようになり、再生ヘッドの感度が上がる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の記録再生機能分離型磁気ヘッドは、基板上に薄膜形成技術によってMR素子を含む再生ヘッドと、記録用の誘導型薄膜ヘッドとを積層して形成していた。すなわち従来の記録再生機能分離型磁気ヘッドは、記録用の磁気ギャップと再生用の磁気ギャップの2つの磁気ギャップを有し、この2つの磁気ギャップが記録トラック方向に距離をおいて配置されていた。

【0007】このように2つの磁気ギャップを有する磁気ヘッドをヘッド位置決め機構のロータリーアクチュエータに取付けて用いると、磁気記録媒体の半径位置によって記録ヘッドと再生ヘッドのトラック間にずれが生じる。そのため、記録媒体のトラック幅を狭くすることができず、記録媒体のトラック密度を上げることができないという問題があった。

【0008】また、磁気ヘッドと記録媒体のスペーシングを狭くし、例えば極低浮上状態、あるいは潤滑剤を介

して磁気ヘッドと磁気記録媒体が接触するような状態、あるいは直接に磁気ヘッドと磁気記録媒体が接触するような状態にすると、磁気ヘッドと磁気記録媒体の確率的あるいは連続的な固体接触のために、磁気ヘッド及び磁気記録媒体の摩耗が発生する。磁気ヘッドの磁極先端が摩耗すると、一対の磁極の先端部の対向部分で構成される磁気ギャップの媒体対向面からの深さが摩耗に伴い次第に短くなり、記録再生特性が変化する。すなわち、磁極先端の摩耗に伴い磁気ギャップ内での記録磁界の損失が減り、ヘッドの発生磁界が強くなることで記録性能は向上する。再生性能も同様に一旦磁極に吸い込まれた再生磁束の磁気ギャップ内での損失が減ることにより向上する。

【0009】磁極先端の摩耗に伴う記録再生特性の変化を抑制して、摩耗初期にも十分な記録再生性能を確保するためには、ヘッド磁極の磁気記録媒体進行方向の長さである磁極長の大きい厚ボールヘッドを用いることが有効である。しかし、厚ボールヘッドをヘッド位置決め機構のロータリーアクチュエータに取付けて用いると、前記2つの磁気ギャップを有することによる不都合が顕著になり、磁気記録媒体の半径位置によって記録ヘッドと再生ヘッドのトラック間のずれが拡大するため、高密度記録には適さない。

【0010】さらに、MR素子を用いた再生ヘッドにおいては、再生ヘッドと磁気記録媒体の衝突によって発生する熱による熱出力(TA: Thermal Asperity)が発生する場合がある。このTAによる信号は、その立ち上がりが急峻な一方で、立ち下がり熱の拡散に依存して比較的緩慢であるために信号の周波数帯域が広く、信号処理回路による除去対策が難しいという問題があった。

【0011】本発明の目的は、トラック密度の高い高密度磁気記録媒体に適した記録再生機能分離型磁気ヘッドを提供することにある。本発明の他の目的は、磁極先端の摩耗に備えて厚ボールヘッドとしても記録ヘッドと再生ヘッドの磁気ギャップにずれが生じることのない記録再生機能分離型磁気ヘッドを提供することにある。本発明の他の目的は、再生ヘッドと磁気記録媒体の衝突による熱出力TAを抑制した記録再生機能分離型磁気ヘッドを提供することにある。本発明の更に他の目的は、記録容量の大きな磁気ディスク装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明においては、MR素子を磁気ヘッドの媒体対向面から後退させ、磁気ヘッドの媒体対向面の磁極とMR素子との間に磁性体薄膜からなるフラックスガイドを設けて、磁気記録媒体からの磁束をMR素子に導くようにした。フラックスガイドは、少なくとも一部を薄くして磁気抵抗を調節できるようにした。また、再生ヘッドの先端磁極は非磁性体層のギャップを介して記録ヘッドのヨークと接続する構造とし、このギャップによって記

5

録ヘッドの磁気抵抗を調節できる構造とした。

【0013】すなわち、本発明による記録再生機能分離型磁気ヘッドは、第1の磁極と、第1の磁極と磁気的に結合されたヨークと、ヨークと磁気的に結合された第2の磁極と、第1の磁極、ヨーク及び第2の磁極を含む磁気回路に鎖交するコイルと、磁気抵抗効果素子と、第1の磁極と磁気抵抗効果素子を磁気的に結合する磁性膜と、磁気抵抗効果素子と第2の磁極を磁気的に結合する磁性膜とを含み、記録時には第1の磁極、ヨーク及び第2の磁極を含む磁気回路に大部分の磁束が通り、再生時には第1の磁極、磁気抵抗効果素子及び第2の磁極を含む磁気回路に大部分の磁束が通るように各磁気回路の磁気抵抗及び飽和磁束密度を調整したことを特徴とする。

【0014】また、本発明による記録再生機能分離型磁気ヘッドは、非磁性基板上に形成された第1の磁性膜と、第1の磁性膜上に非磁性絶縁膜を介して配置された磁気抵抗効果素子と、第1の磁性膜上に絶縁膜を介して形成され磁気記録媒体と対向する面から磁気抵抗効果素子の一端に到る第2の磁性膜と、磁気抵抗効果素子の他端と第1の磁性膜とを磁気的に接続する第3の磁性膜と、第2の磁性膜上に形成された第4の磁性膜と、第4の磁性膜上に絶縁膜を介して形成され先端部分が磁気記録媒体と対向する面から所定距離だけ引っ込み後端が第1の磁性膜と磁気的に結合されたヨークと、第1の磁性膜、ヨーク及び第4の磁性膜で形成される磁気回路と鎖交するコイルとを含み、第1の磁性膜と第2の磁性膜間の間隙は磁気ギャップを構成し、第2及び第3の磁性膜は第1及び第4の磁性膜並びにヨークに比較して膜厚が薄く、また第4の磁性膜からヨークを経て第1の磁性膜に到る磁気抵抗は第4の磁性膜から第2の磁性膜、磁気抵抗効果素子及び第3の磁性膜を経て第1の磁性膜に到る磁気抵抗より大きいことを特徴とする。

【0015】また、本発明による記録再生機能分離型磁気ヘッドは、非磁性基板上に形成された磁気抵抗効果素子と、磁気記録媒体と対向する面と磁気抵抗効果素子の一端の間に磁気抵抗効果素子に重ならないように配置された第1の磁性膜と、磁気抵抗効果素子側方を通り磁気記録媒体と対向する面と磁気抵抗効果素子の他端の間に磁気抵抗効果素子と重ならないように配置された第2の磁性膜と、第1の磁性膜と磁気抵抗効果素子の一端とを磁気的に接続する第3の磁性膜と、磁気抵抗効果素子の他端と第2の磁性膜の間を磁気的に接続する第4の磁性膜と、第1の磁性膜上に絶縁膜を介して形成され先端部分が磁気記録媒体と対向する面から所定距離だけ引っ込み後端が第2の磁性膜と磁気的に結合されたヨークと、第1の磁性膜、ヨーク及び第2の磁性膜で形成される磁気回路と鎖交するコイルとを含み、第1の磁性膜と第2の磁性膜間の間隙は磁気ギャップを構成し、第3及び第4の磁性膜は第1及び第2の磁性膜並びにヨークに比較して膜厚が薄く、また第1の磁性膜からヨークを経て第

6

2の磁性膜に到る磁気抵抗は第1の磁性膜から第3の磁性膜、磁気抵抗効果素子及び第4の磁性膜を経て第2の磁性膜に到る磁気抵抗より大きいことを特徴とする。

【0016】磁気ヘッドを担持するスライダは、磁気記録媒体に対向する面に1個又は複数個の突起部を備え、前記突起部の1つに磁気ギャップを構成する磁性膜を含むことが好ましい。本発明による磁気ディスク装置は、磁気記録媒体にデータを記録再生する磁気ヘッドとして、前記した記録再生機能分離型磁気ヘッドを用いるものであり、磁気ヘッドは潤滑膜を介して磁気記録媒体に接して連続的に摺動してもよいし、磁気記録媒体表面に浮上してもよい。

【0017】磁気ヘッドと、磁気ヘッドに接続される導体は、磁気ヘッドを磁気記録媒体に接触させるための負荷付与手段に一体に集積することが好ましい。磁気記録媒体は直径が6.35cm(2.5インチ)以下であり、磁気ヘッドの有効質量は1.5以上、2.0mg以下であり、前記負荷付与手段による付与負荷は50mg以上、500mg以下であることが好ましい。

【0018】

【作用】記録時には、フラックスガイドの一部はその膜厚が薄く磁気抵抗が高いために磁気的に飽和して、MR素子に加わる磁界が大きくなるのを防ぐことができ、MR素子の磁区構造の乱れるのを抑えることができる。一方、再生時には、記録ヘッド側のギャップの磁気抵抗が大きいために、磁気記録媒体から磁気ヘッド先端に吸い込まれた磁束のほとんどは記録ヘッド側に流れずにMR素子に至り、再生信号を得ることができる。

【0019】本発明による磁気ヘッドは、磁気記録媒体対向面での記録ギャップと再生ギャップが一つであり、従来の記録再生機能分離型磁気ヘッドに見られた記録ギャップ、再生ギャップ間に距離があることに起因する記録ヘッド、再生ヘッドのトラックずれが生じないので、トラック密度の高い狭トラック幅の磁気記録媒体に適合する。本発明の磁気ヘッドを用いた磁気ディスク装置の磁気記録媒体は、10Gb/in<sup>2</sup> 級の高密度記録が可能である。また、MR素子がヘッド内部にあって磁気記録媒体と接触することがないため、MR素子の熱出力TAを抑制することができる。

【0020】

【実施例】以下、実施例に基づき本発明を詳細に説明する。

〔実施例1〕図1、2に概略構造を示す磁気ヘッドを作製した。図1は磁気ヘッドの主要部を判りやすくするために、ヘッドを構成する主要な層毎に分解して示したものであり、図2は磁気ヘッドの断面を示したものである。

【0021】あらかじめ切削加工によって溝11を設けたZrO<sub>2</sub>やAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiCのような非磁性基板12の上にアルミナなどの絶縁層13を成膜し、その上に下

部磁極14としてパーマロイをスパッタリング法により $2\mu\text{m}$ 形成し、フォトリソグラフィ技術を用いて所望の形状にパターン化した。次にアルミナなどの絶縁体15を溝11に充填し、精密研磨を施し、下部磁極14を露出させたのち、アルミナ絶縁膜16を $0.1\mu\text{m}$ 成膜した。

【0022】その上に、詳細を図5に示すMR素子を形成した。まず、ソフト膜(SAL)バイアス方式とシャントバイアス方式をあわせた複合方式のバイアスを磁気抵抗効果膜(MR膜)19に印加する構造、すなわちSAL膜17としてNi-Fe-Cr系合金を $0.02\mu\text{m}$ 、シャント膜18としてNbを $0.01\mu\text{m}$ 形成した。その上に、MR膜19として膜厚 $0.02\mu\text{m}$ のパーマロイを、トラック幅方向に対して $90^\circ$ の方向に $400\text{Oe}$ の直流磁界を印加しながらスパッタリング法により形成した。フォトリソグラフィ技術を用いて、まずバイアスを印加する構造17、18及びMR膜19を、媒体対向面61側からの幅a(以下、素子高さと呼ぶ)が $3\mu\text{m}$ になるようにパターン化し、次に下部磁極14上のアルミナ膜16をパターン化した。この際に、この後に積層されるフラックスガイド21、ヨーク22と磁気的に接続のできるように、アルミナ膜16に穴を開けて下部磁極14の一部を媒体対向面61の反対側の位置で露出させ、いわゆるバックギャップ23とした。

【0023】図5に示したように、MR膜19のパターンの端部にFeMnからなる反強磁性膜24、及び厚さ $0.06\mu\text{m}$ のNb、厚さ $0.13\mu\text{m}$ のAu、厚さ $0.02\mu\text{m}$ のCrからなる一対の電極25をリフトオフ法によって作製した。その際、電極25間距離(内側の縁同士の距離)は $3.6\mu\text{m}$ とした。続いて膜厚 $0.02\mu\text{m}$ のアルミナ絶縁膜26を成膜した後、上記MR膜19の素子高さaの内の、媒体対向面61側とバックギャップ23側にMR膜19が露出するようにしてMR膜19の中央付近を被い、また、その外形は下部磁極14とほぼ対応する形状に露出部の空いたフォトレジストパターンを形成した。このフォトレジストパターン上に膜厚 $0.1\mu\text{m}$ のパーマロイを成膜した後、このフォトレジストパターンをリフトオフマスクとして膜厚 $0.1\mu\text{m}$ のパーマロイからなるフラックスガイド膜21をパターン化した。次に、フラックスガイド膜21を、MR膜19の素子高さaよりも広く素子完成後にMR膜19とフラックスガイド膜21のみとなる部分とを被い、また、その外形は下部磁極14とほぼ対応する形状に露出部の空いたフォトレジストパターンを形成した。このフォトレジストパターンをリフトオフマスクとして膜厚 $2\mu\text{m}$ のパーマロイからなる磁極27を成膜し、パターン化した。

【0024】以上の工程により、媒体対向面61形成後に露出する磁極27の膜厚が比較的厚い一方で、MR膜19に磁束を導くフラックスガイド膜21の膜厚の薄

い、いわゆるヨーク型MR再生ヘッドを構成することができた。次に、磁極27上に非磁性絶縁膜28、記録電流を流す導体コイル29及び導体コイル29を他の部分から絶縁するための絶縁膜30、記録ヘッドのヨーク部22となる磁性膜などを順次、所望の形状となるようにパターニングしながら、積み重ねて記録ヘッド部分を形成した。このときに、ヨーク部22の先端は、上記の媒体対向面61に露出するフラックスガイド21及びこれに積層した磁極27の上に厚さ $0.2\mu\text{m}$ の非磁性絶縁膜28を介して積層し、また媒体対向面61加工後に露出することのないように後退させて形成した。媒体対向面61からヨーク部22の先端までの距離は $1\mu\text{m}$ とした。

【0025】しかる後に、以上のようにして形成された磁気ヘッド素子を保護するためのアルミナ膜(図示せず)を積層した後、基板を切断して個々のスライダに切り離し、回転する磁気記録媒体2上に浮揚するあるいは摺動するのに適した形状に加工し、また、最適な記録再生性能を発揮できるようにギャップ深さbを調整する媒体対向面61研磨加工を施して、記録再生機能の分離した磁気ヘッド6を得た。

【0026】本実施例の磁気ヘッド6の動作は、次の通りである。記録時には、コイル29に電流を流すことで発生した磁束は、バックギャップ23から上部ヨーク22を経て、ギャップ28を介して磁極27に流れ込み、ヘッドの媒体対向面61から空間に出て記録磁界を形成する。このようにして空間に出た磁束は、磁極14を経てバックギャップ23に戻る。なお、記録時に必要な磁束量は通常極めて大きいために、この磁束が磁極27に接続されてMR膜19に磁束を導くフラックスガイド21に流れ込もうとすると、フラックスガイド21は磁氣的に飽和してしまい、結果としてこのフラックスガイド21部分の磁気抵抗は大きくなり、MR膜19に磁束が流れ込むのを防ぎ、また、コイル29で発生した磁束を再生ヘッド部分で短絡することなく、磁極27、14の媒体対向面61側先端に導くことができる。

【0027】一方、再生時には、磁気記録媒体から発生した磁束は、磁極27から磁気ヘッドに吸い上げられた後、フラックスガイド21を経て、MR膜19に流れ込み、バックギャップ23を経て、磁極14を経て媒体側に戻る。再生時にヘッドに得られる磁束量は極めてわずかなため、フラックスガイド21は磁氣的に飽和することがなく、したがって磁気抵抗が小さいために、磁極27に吸い込まれた磁束は、磁気抵抗の高いギャップ28を経て上部ヨーク22に流れ込まずに、ほぼすべてがMR膜19に導かれる。

【0028】本実施例の記録再生機能分離型磁気ヘッド6を図3、4に示した磁気ディスク装置に組み込み、記録再生特性を評価した。保磁力が $1600\text{Oe}$ 、磁性体膜厚 $t_{\text{mag}}$ が $20\text{nm}$ 、残留磁束密度 $B_r$ と磁性体膜厚

の積 ( $Br \times t_{\text{avg}}$ ) が  $80 \text{ G} \cdot \mu\text{m}$  の Co-Ta-Cr 系のスパッタ磁気記録媒体に、始めに記録密度  $12 \text{ kFCI}$  の信号を記録し、次に媒体の同じ部分に重ねて記録密度  $50 \text{ kFCI}$  の信号を記録したところ、オーバーライト (重ね書き) 性能が約  $26 \text{ dB}$  以上あり、十分な記録性能のあることがわかった。また、このようにして記録された磁気記録媒体に、本実施例の磁気ヘッドが潤滑剤を介して接するようにして連続的に摺動させながら、センス電流密度  $7 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$  で再生し、その再生出力を評価したところ、約  $110 \mu\text{V}$  の出力が得られ、磁気ヘッドと磁気記録媒体間の衝突発熱によるサーマルアスベリティノイズ及びバルクハウゼンノイズは観測されなかった。

【0029】再生波形の周波数成分を解析して得られたヘッド磁極先端と磁気記録媒体磁性膜表面の間の距離は約  $50 \text{ nm}$  であった。更に高い密度で情報を記録するためには、このスペーシングを小さくすることが有効であり、磁気記録媒体及び磁気記録ヘッド表面の保護膜厚を小さくし、表面の平滑性を改善し、硬さのバランスをとり、適切な潤滑剤を塗布することにより約  $10 \text{ nm}$  にまで低減できた。

【0030】〔実施例2〕図6～9に概略構造を示す磁気ヘッドを作製した。図6は、磁気ヘッドの主要部を判りやすくするために、ヘッドを構成する主要な層毎に分解して示したものであり、図7は図6の磁気ヘッド構造から記録ヘッドを構成するヨークを取り除いて示したものである。図8は図7に示した部分の平面図であり、図9は磁気ヘッドの断面図である。

【0031】磁気ヘッドの製作に当たっては、アルミナなどの絶縁層13を薄膜形成し、精密研磨を施した  $\text{ZrO}_2$  や  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  のような非磁性基板12の上に、詳細を図5に示すMR素子を形成した。まず、ソフト膜 (SAL) バイアス方式とシャントバイアス方式をあわせた複合方式のバイアスをMR膜に印加する構造、すなわちSAL膜17として  $\text{Ni-Fe-Cr}$  系合金を  $0.02 \mu\text{m}$ 、シャント膜18として  $\text{Nb}$  を  $0.01 \mu\text{m}$  を形成した。その上に、MR膜19として膜厚  $0.02 \mu\text{m}$  のパーマロイをトラック幅方向に対して  $90^\circ$  の方向に  $400 \text{ Oe}$  の直流磁界を印加しながらスパッタリング法により作製した。

【0032】フォトリソグラフィ技術を用いて、バイアスを印加する構造17、18及びMR膜19を、媒体対向面61側からの幅  $a$ 、すなわち素子高さが  $3 \mu\text{m}$  になるようにパターン化した。次に、図5に示すようにMR膜19のパターンの端部に  $\text{FeMn}$  からなる反強磁性膜24、及び厚さ  $0.06 \mu\text{m}$  の  $\text{Nb}$ 、厚さ  $0.13 \mu\text{m}$  の  $\text{Au}$ 、厚さ  $0.02 \mu\text{m}$  の  $\text{Cr}$  からなる電極25をリフトオフ法によって作製した。その際、電極25間距離 (内側の縁同士の距離) は、 $3.6 \mu\text{m}$  とした。

【0033】続いて、膜厚  $0.02 \mu\text{m}$  のアルミナ絶縁

膜26を成膜後、MR膜19の素子高さ  $a$  の内の媒体対向面61側とバックギャップ23側にMR膜19が露出するようにしてMR膜19の中央付近を被い、また、その外形はこの後に形成する下部磁極34とほぼ対応する形状に露出部の空いたフォトレジストパターンを形成した。このフォトレジストパターン上に膜厚  $0.1 \mu\text{m}$  のパーマロイを成膜した後、このフォトレジストパターンをリフトオフマスクとして膜厚  $0.1 \mu\text{m}$  のパーマロイからなるフラックスガイド膜21をパターン化した。次に、フラックスガイド膜21を、MR膜19の素子高さ  $a$  よりも大きく素子完成後にMR膜19とフラックスガイド膜21のみとなる部分とを被い、また、その外形はフラックスガイド膜21とほぼ対応する形状に露出部の空いたフォトレジストパターンを形成した。このフォトレジストパターンをリフトオフマスクとして膜厚  $2 \mu\text{m}$  のパーマロイからなる下部磁極34を成膜し、パターン化した。

【0034】図6及び図8に示すように、下部磁極34は、MR素子19の媒体対向面61と反対側のバックギャップ23側においてMR素子19に重なることなく、MR素子19との間は上記フラックスガイド膜21が接続し、MR素子19の側方を経て媒体対向面61に到る形状を有する。MR素子19の媒体対向面61側の上記フラックスガイド膜21の上には、上記下部磁極34を形成すると同じプロセスで膜厚  $2 \mu\text{m}$  からなる磁極36を形成する。磁極36は、上記下部磁極34と磁気ギャップ35を介して隣接する。

【0035】次に、下部磁極34及び磁極36上に非磁性絶縁膜28、記録電流を流す導体コイル29、導体コイル29を他の部分から絶縁するための絶縁膜30、ヨーク31となる磁性膜などを順次、所望の形状となるようにパターニングしながら積み重ねて記録ヘッドを形成した。このときに、ヨーク31の先端は、媒体対向面61に露出するフラックスガイド膜21及びこれに積層した磁極36の上に厚さ  $0.2 \mu\text{m}$  の非磁性絶縁膜28を介して積層し、また媒体対向面61を形成する研磨加工後に露出することのないように後退させて形成した。媒体対向面61からヨーク31の先端までの距離は  $1 \mu\text{m}$  とした。

【0036】本実施例では、磁気ヘッドのトラック幅を下部磁極34、磁極36及びフラックスガイド21の膜厚で決めることができ、媒体対向面61形成後に露出する磁極の磁気記録媒体進行方向の長さが長く、MR素子に接続するフラックスガイドの膜厚の薄い、ヨーク型MR再生ヘッドを備えた記録再生機能分離型磁気ヘッドを得ることができた。

【0037】この後、磁気ヘッド素子を保護するためのアルミナ膜を積層した後、基板を切断して個々のスライダに切り離し、回転する磁気記録媒体上に浮揚あるいは摺動するのに適した形状に加工し、また、最適な記録再



生性能を発揮できるようにギャップ深さを調整する媒体対向面研磨加工を施して、記録再生機能の分離した磁気ヘッド6を得た。

【0038】本実施例の記録再生機能分離型磁気ヘッド6を図3、4に示した磁気ディスク装置に組み込み、記録再生特性を評価した。保磁力が16000e、磁性体膜厚 $t_{\text{mag}}$ が20nm、残留磁束密度Brと磁性体膜厚の積( $Br \times t_{\text{mag}}$ )が80G・ $\mu\text{m}$ のCo-Ta-Cr系のスパッタ磁気記録媒体に、始めに記録密度12kFCIの信号を記録し、次に媒体の同じ部分に重ねて記録密度50kFCIの信号を記録したところ、オーバーライト(重ね書き)性能が約26dB以上あり、十分な記録性能のあることがわかった。また、このようにして記録された磁気記録媒体に、本実施例の磁気ヘッドが潤滑剤を介して接するようにして連続的に摺動させながら、センス電流密度 $7 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$ で再生し、その再生出力を評価したところ、約110 $\mu\text{V}$ の出力が得られ、磁気ヘッドと磁気記録媒体間の衝突発熱によるサーマルアスペリティノイズ及びバルクハウゼンノイズは観測されなかった。

【0039】再生波形の周波数成分を解析して得られたヘッド磁極先端と磁気記録媒体磁性膜表面の間の距離は約50nmであった。更に高い密度で情報を記録するためには、このスペーシングを小さくすることが有効であり、磁気記録媒体及び磁気記録ヘッド表面の保護膜厚を小さくし、表面の平滑性を改善し、硬さのバランスをとり、適切な潤滑剤を塗布することにより約10nmにまで低減できた。

【0040】〔実施例3〕図10に外観を示す磁気ヘッドを作製し、図3、4に示した磁気ディスク装置に組み込んだ。図11は、判りやすくするために磁気ヘッド構造の断面を示したものである。本実施例の磁気ヘッドは、アルミナなどの非磁性絶縁体中に導体部41を形成した後に短冊状に切り出した構造体の負荷付与手段42の端面に、図1及び図2に示した構造を有するヘッド素子43を形成したものである。磁気ヘッドの軽量化、小型化とともに加工マージン、接続のマージンは小さく、厳しいものになるのに対して、このように負荷付与手段42と接続導体部41を一体に集積することにより、負荷付与手段42と記録再生に係るヘッド素子43との機械的、及び電気的な接続の工程の短縮と、接続のマージンの確保をすることができる。

【0041】磁気ヘッド43の磁気記録媒体2に対向する面に少なくとも1つ、望ましくは3つの突起44、45、46を設けることで、磁気ヘッド43が磁気記録媒体2に接する面積を小さくすることができ、その結果、停止した期間の後の磁気ディスク装置の起動時に、磁気ヘッド43と磁気記録媒体2が粘着することを低減することができる。突起44～46の形状は円柱、円錐台あるいは台形状とし、その高さは20 $\mu\text{m}$ 程度とするのが

好ましい。この場合、磁気ヘッド43は、基板51上に磁性膜52、保護膜53及び潤滑膜54を積層した磁気記録媒体2の表面に接触摺動して情報の記録及び再生を行う。

【0042】また、突起を3つ設け、これらの3つの突起を磁気記録媒体2の表面に負荷付与手段42を用いて押し付けることで、磁気ヘッド43の姿勢を一定に保つことができ、その結果、磁気ヘッド43の磁極先端47と磁気記録媒体2のスペーシングが変動することを抑えることができる。3つの突起の内の1つ46に磁気ヘッド磁極47先端を配置すると、磁気ヘッド43と磁気記録媒体2のスペーシングを小さくすることができ、さらに、この突起部46の磁気記録媒体2に対向する面の面積を小さくすることで記録媒体2表面の凹凸に載った時に生ずる磁気ヘッド43先端と磁気記録媒体2のスペーシングの増加を抑えることができる。

【0043】本実施例に基づく磁気ディスク装置においては、磁気ヘッド43及び負荷付与手段42の質量を小さくすることで、また、付与する負荷を大きくすることで媒体2表面の凹凸によって磁気ヘッド素子43が磁気記録媒体2表面から飛び離れることを防ぐことができ、磁気記録媒体2表面をヘッド先端46で安定に追従することができる。しかしながら、付与する負荷を大きくすると、突起部44、45及び46の先端の磁気記録媒体2に対向する面の面積が小さいために、単位面積あたりの荷重、すなわち面圧が大きくなって突起44、45及び46の摩耗が大きくなるという問題がある。

【0044】一方、このような摩耗の少ない荷重の範囲で、たとえば磁気ヘッド素子43及び負荷付与手段42の加工の誤差や負荷付与手段42の取り付けの誤差に起因する、3つの突起のうちの1～2個しか磁気記録媒体2に接しないという片当たり状態を解決して、3つの突起44、45及び46が磁気記録媒体2表面にすべて接するようにするためには、3つの突起の中心間隔を小さくしなければならないことがわかった。これらの制約を考慮して、磁気ヘッド43及び負荷付与手段42の有効質量、すなわち磁気ヘッド43及び負荷付与手段42の質量を磁気ヘッドと磁気記録媒体の接触点を作る三角形の重心点に働く集中荷重として換算して得られる質量を検討したところ、1.5～2.0mgの範囲であり、一方付与すべき負荷は50～500mgの範囲であることがわかった。

【0045】

【発明の効果】本発明によると、記録再生の磁気ギャップを一つにすることができ、従来の記録再生機能分離型磁気ヘッドに見られた記録ギャップ、再生ギャップ間に距離があることに起因する記録ヘッド、再生ヘッドのトラックずれを防ぐことができる。また、MR素子が直接磁気記録媒体に接触しない構造であるため、MRヘッドの熱出力(TA: Thermal Asperity)を抑制することが



13

できる。更に、本発明の磁気ヘッドを用いるとトラック密度を高くすることができるため、大容量の磁気ディスク装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による磁気ヘッドの一実施例の主要部の説明図。

【図2】図1に示した磁気ヘッドの断面図。

【図3】磁気ディスク装置の概略平面図。

【図4】磁気ディスク装置の概略断面図。

【図5】MR素子の構造を示す図。

【図6】本発明による磁気ヘッドの他の実施例の主要部の説明図。

【図7】図6に示した磁気ヘッドの説明図。

【図8】図7に対応する磁気ヘッドの平面図。

【図9】本発明による磁気ヘッドの他の実施例の断面図。

【図10】本発明による磁気ヘッドの他の実施例の概観図。

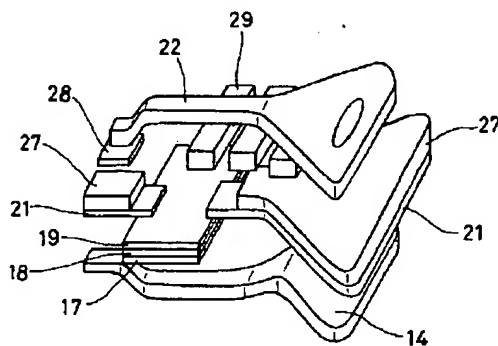
14

【図11】図10に示した磁気ヘッドの断面説明図。

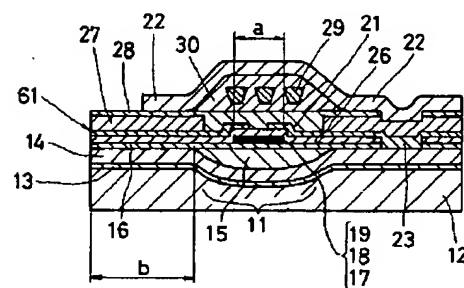
【符号の説明】

1…スピンドル軸、2…磁気記録媒体、3…ロータリーアクチュエータ、4…アーム、5…サスペンション、6…磁気ヘッド、11…溝、12…非磁性基板、13…絶縁層、14…下部磁極、15…絶縁体、16…アルミナ絶縁膜、17…SAL膜、18…シャント膜、19…MR膜、21…フラックスガイド、22…ヨーク部、23…バックギャップ、24…反強磁性膜、25…電極、26…絶縁膜、27…磁極、28…非磁性絶縁膜、29…導体コイル、30…絶縁膜、31…ヨーク部、34…下部磁極、35…磁気ギャップ、36…磁極、41…導体、42…負荷付与手段、43…磁気ヘッド素子、44、45、46…突起、47…磁気ヘッド磁極先端部、51…基板、52…磁性膜、53…保護膜、54…潤滑膜、61…媒体対向面、a…素子高さ、b…ギャップ深さ

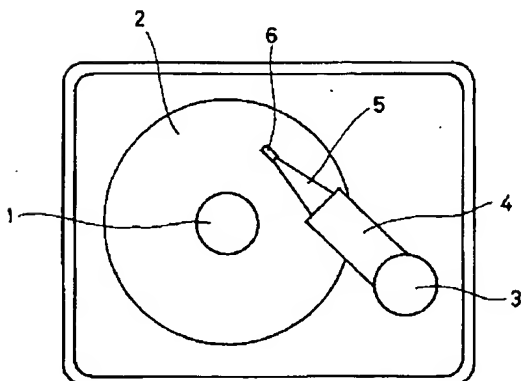
【図1】



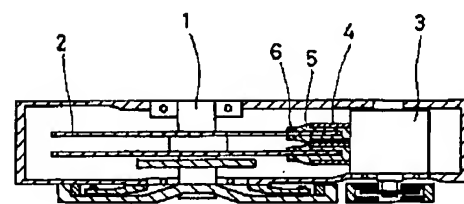
【図2】



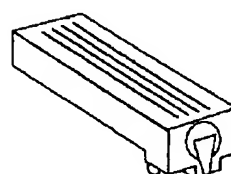
【図3】



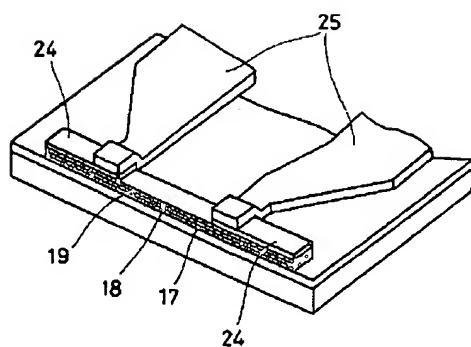
【図4】



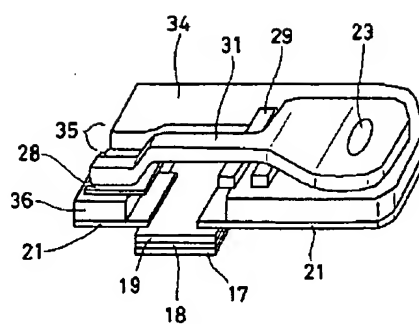
【図10】



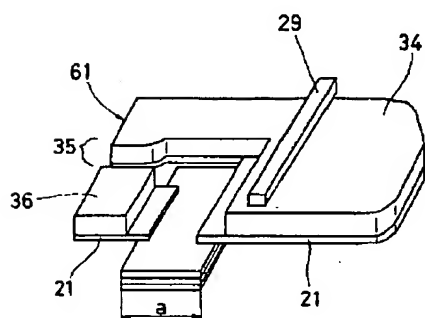
【図5】



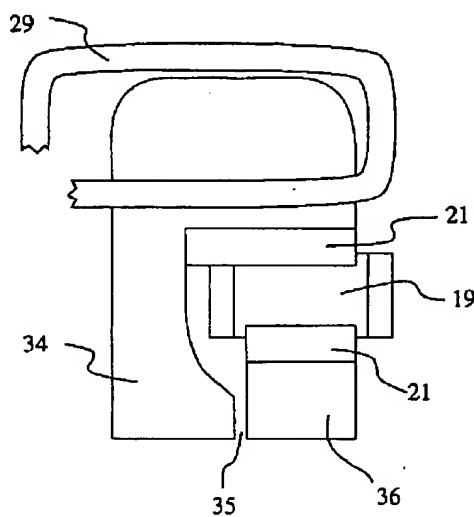
【図6】



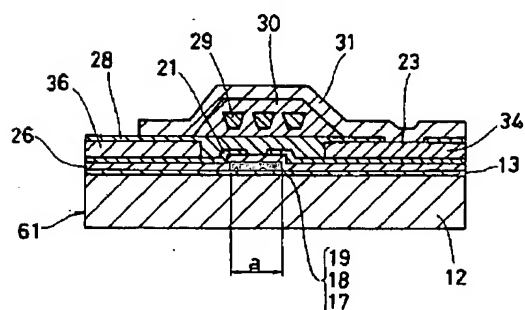
【図7】



【図8】



【図9】



【図11】

